

Adaptive rotor for wind power plants

Patent number: DE19738278
Publication date: 1999-03-04
Inventor: HAFNER FELIX (DE)
Applicant: HAFNER FELIX (DE)
Classification:
- international: F03D1/06
- european: F03D1/06B; F03D7/02E
Application number: DE19971038278 19970902
Priority number(s): DE19971038278 19970902

Report a data error here

Abstract of **DE19738278**

The adaptive rotor (20) for a wind power plant (22) has a central part (1) with horizontal axis (1) and several rotor blades (2) with bearing surface profile, outer end (3) and side edges (4,5). Each blade is connected to the central part. The longitudinal axis (7) of each rotor blade is composed of curved sectors or of curved and straight sectors. The side edges are curved. The width (depth) of the rotor blade from the centre (1) to the outer wall (3) decreases constantly.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 38 278 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 03 D 1/06

②1 Aktenzeichen: 197 38 278.9
②2 Anmeldetag: 2. 9. 97
④3 Offenlegungstag: 4. 3. 99

DE 197 38 278 A 1

⑦1 Anmelder:
Hafner, Felix, 58313 Herdecke, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

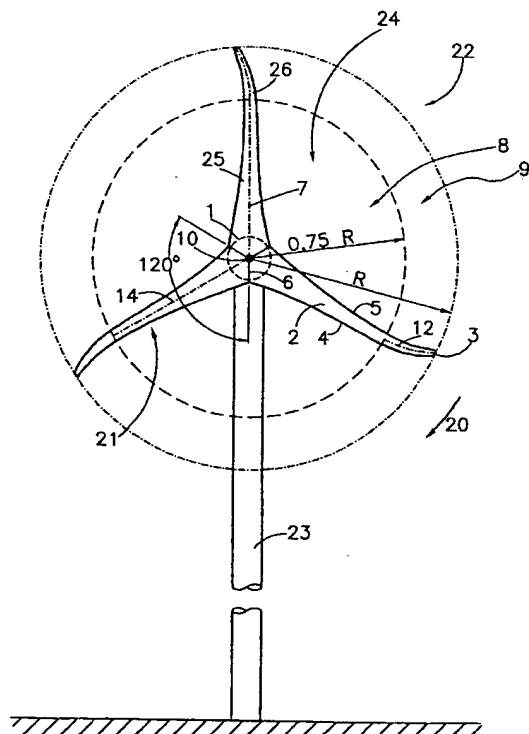
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE-PS	9 17 540
DE	196 14 420 A1
DE	30 21 929 A1
US	19 19 588
EP	06 52 367 A1
EP	00 64 742 A2
WO	95 19 500 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Adaptiver Rotor für Windkraftanlagen

⑤7 Der Rotor (21) einer Windkraftanlage (20) mit horizontalem zentralem Mittelteil (1) hat mehrere vom Mittelteil (1) ausgehende Rotorblätter, die durch ein innenliegendes Ende (6), ein außenliegendes Ende (3) und zwei Seitenränder (4, 5) begrenzt werden. Die Längenentwicklung des Rotorblattes (2) wird durch die gekrümmten (11, 12); (13, 16) oder geraden und gekrümmten Abschnitte (14, 16) der Blattlängsachse bestimmt. Ausgehend vom Mittelteil nimmt die Breite zum äußeren Ende (3) kontinuierlich ab. Die Blattvorderkante des Rotors (4) sowie die Blatthinterkante (5) weisen dabei stets einen nicht parallelen, gekrümmten Verlauf auf.



DE 197 38 278 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft den Rotor für eine Windkraftanlage.

Mit windelektrischen Anlagen stehen heute bereits hinsichtlich des technologischen Entwicklungsstandes, der Leistungsklassen und akzeptablen Energiegestehungskosten umweltfreundliche und wirtschaftliche Wandlerysteme zur Verfügung. Fraglos wird die Verwertung von Windkraft zur Energiegewinnung als eine der unverbrauchbaren Energieressourcen ohne Freisetzung jeglicher Art von Schadstoffen und ohne schädigende Einwirkungen auf das Klima akzeptiert.

Trotz unbestreitbarer Erfolge der Windkraftindustrie in den vergangenen Jahren ist Ernüchterung eingetreten. Gegenüber den meisten Windkraftanlagen kommt es in letzter Zeit zu wachsendem Widerstand von Bürgerinitiativen und Umweltschützern. Der Widerstand richtet sich gegen das Erscheinungsbild, d. h. auf das konkrete Aussehen und die Betriebsgeräusche der Windkraftanlagen.

Die Geräuschentwicklung an den Rotorblättern und am Getriebe empfinden Anwohner als unzumutbare Belästigung. Der Rotor einer Windkraftanlage bildet in der Landschaft einen scharfen, als unpassend empfundenen Akzent. Es handelt sich um harte, spitz zulaufende, blendend weiß oder hellgrau gehaltene Radialformen. Der von der Bewegung des Rotors ausgehende Schlagschatten wird, je nach Sonneneinstrahlung, zum Ärgernis, sobald er auf benachbarte Gebäude fällt.

Aus klima- und energiepolitischer Sicht kann aber langfristig nicht auf diese umweltfreundliche Energienutzung verzichtet werden. Ausgereifte Anlagen mit strömungstechnisch optimierten Rotoren in einem ästhetisch ansprechenden Design könnten die Einsatzbreite im Inland, insbesondere in Schwachwindregionen wesentlich erweitern und die Akzeptanz solcher Anlagen durch die Bevölkerung deutlich steigern.

Voraussetzung ist jedoch die Entwicklung innovativer Rotorblätter, die ein besseres Stabilitätsverhalten, geringere Verformungen, hohe Wirkungsgrade in einem breiten Betriebsspektrum und stark reduzierte Geräuschentwicklung aufweisen. Die größten Lärmquellen am Rotor sind: Turbulenzlärm, Blatthinterkantenlärm und Blattspitzenlärm. Die aeroakustische und strömungstechnische Optimierung bedingen, daß die Rotorblattform individuell an die jeweilige Baugröße und an die Entwurfsdrehzahl angepaßt (adaptiert) werden muß.

Obwohl bisher viele Erfahrungen des Flugzeugbaues bei der Rotorentwicklung nutzbar gemacht werden konnten, sind die Rotorblätter immer noch viel zu robust und damit zu schwer und zu teuer gebaut. Zudem berücksichtigen die konventionellen Rotorblattformen die unterschiedlichen Baugrößen und Strömungsverhältnisse viel zu wenig. So besteht bei den heutigen Windkraftanlagen grundsätzlich kein Unterschied zwischen den kleinen, schnell laufenden Rotoren und den großen, langsam drehenden Rotoren. Sie sind weitgehend geometrisch ähnlich.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, durch Kombination von Form- und Funktionselementen eine ästhetisch ansprechende Rotorform bei gleichzeitiger aeroakustischer und strömungstechnischer Optimierung, stark reduzierter Lärmabstrahlung und Steigerung der Wirtschaftlichkeit bereitzustellen. Dabei soll die Gestaltung des Rotors stets einen harmonischen, fließenden Bewegungsablauf erzeugen, der die Akzeptanz des Betrachters steigert.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung ein Rotor vorgeschlagen, der versehen ist mit

- einem zentralen Mittelteil, das in der horizontalen Drehachse des Rotors angeordnet ist und mit
- mehreren von dem Mittelteil in radialer Richtung aus gehenden Rotorblättern, vorzugsweise drei Rotorblättern.

Der erfindungsgemäße Rotor besteht aus einem Mittelteil und den Rotorblättern. Die Rotorblätter sind in ihrer Form durch ein innenliegendes und ein außenliegendes Ende und zwei Seitenränder definiert und starr oder drehbar gelagert mit dem Mittelteil verbunden. Das Rotorblatt hat eine Mittelachse in Blattlängsrichtung, verlaufend zwischen Zentrum und dem Außenrand der vom Rotor überstrichenen Fläche.

Das erfindungsgemäße Rotorblatt weist ein Tragflächenprofil auf. Die Geometrie ist bestimmt von einer mittleren Rotorblattlängsachse und einer Rotorblattskelettlinie, die äquidistant zu den Quer- und Längskonturlinien verlaufen.

Die Mittelachse des Rotorblattes ist aus Geraden oder Bogenabschnitten zusammengesetzt. Die Mittelachse ist eine Kombination von Bögen und ggf. einem geraden Abschnitt, wobei die Krümmung sowohl konkav und/oder konvex verlaufen kann. Je nach den konstruktiven Vorgaben, insbesondere Drehzahl und Rotordurchmesser, kann die Blattlängsachse an die jeweiligen Strömungsbedingungen adaptiert werden. Die optimale Formgebung des Rotorblattes ist erstmalig baugrößen- und drehzahlabhängig.

Die Rotorblätter verfügen am Mittelteil über ihre größte Breite. Die Rotorblätter und das Mittelteil bilden eine Einheit und können das Windfeld innerhalb der vom Rotor überstrichenen Fläche vollständig nutzen. Die bisher übliche Nabenkonstruktion und Einschnürung der Rotorblätter zur Nabe entfällt. Durch das Ausnutzen des Rotorinnenbereiches verbessert sich der Rotorleistungsbeiwert.

Durch die gekrümmt verlaufende Ausbildung des Rotorblattes ergibt sich eine größere Streckung des Rotorblattes als beim herkömmlichen Rotorblatt, dessen Mittelachse zwischen Nabe und Außenrand der Rotorfläche stets linear verläuft. Größere Streckung, d. h. größere Spannweite bei vorgegebenem Rotordurchmesser, senkt den Luftwiderstand und verbessert den Wirkungsgrad.

Turbulenzen um den Rotor verschlingen bekannterweise einen Großteil der verfügbaren Energie und produzieren unerwünschte Geräusche. Besonders lästig sind die Pfeifgeräusche an den Blattendenden.

Die individuell an die Baugröße und Drehzahl angepaßte (adaptierte) Ausbildung der Rotorblattlängsachse reduziert die Geräuschbildung und die hochfrequenten Ablöseerscheinungen am Blatende. Durch die variierte, zum äußeren Rand kontinuierlich abnehmende Blattbreite und durch die gekrümmte hintere Blattkante erfolgt eine zeitlich versetzte Wirbelablösung der Luftströmung. Da die Wirbel kleiner sind und sich teilweise aufheben, kommt es zu deutlich geringerer Lärmentwicklung und zum Abbau des Schalldruckes.

Die Ursache liegt in der Bildung vieler kleiner, sich gegenseitig störender und interferierender Turbulenzen, die aufgrund der Rotorblattgeometrie zwangsweise radial gegeneinander geführt werden.

Dieser Effekt wird verstärkt, wenn die Rotorlängsachse insgesamt gekrümmt verläuft. Damit ist die Hinterkante in der Abwicklung wesentlich kürzer als die Blattvorderkante. Es ergibt sich eine konvex verlaufende Blattvorderkante.

Erstaunlicherweise wird ebenfalls eine Geräuschminderung erreicht, wenn die Hinterkante des Rotorblattes länger ist als die Blattvorderkante. Statt der fokussierenden Wirkung werden in diesem Fall die Ablösungen gestreut, erfol-

res Turbulenzfeld. Das Ergebnis führt ebenfalls zu einer Geräuschminderung und damit zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades.

Ferner bewirkt die zum Rotoraußenrand abnehmende Blattbreite, zusammen mit dem Effekt der größeren Streckung, eine Verminderung der Bildung sekundärer Wirbel und verringert den induzierten Widerstand.

Interessanterweise kann das Turbulenzverhalten und die Geräuschentwicklung am Rotorblatt grundsätzlich in zwei Wirkzonen aufgeteilt werden. Bezogen auf den Radius der vom Rotor überstrichenen Fläche bildet sich eine Innenfläche A_i heraus, deren Radius R_i sich von der Rotorachse bis vorzugsweise auf $0,75 \cdot R_{\text{Rotor}}$ erstreckt und eine zweite überstrichene ringförmige Außenfläche A_a . Der Radius $R_a = (R_{\text{Rotor}} - R_i)$ ergibt aus dem vom Rand der Innenfläche bis zum Rand der vollen Rotorfläche verlaufenden Abstand.

Für alle Baugrößen des Rotorblattes kann durch eine gekrümmte, Ausbildung des äußeren Blattbereiches eine deutliche Reduzierung der Pfeifgeräusche erreicht werden. Das Phänomen tritt auf, unabhängig davon, ob die Krümmung der Blattvorderkante konvex oder konkav ausgebildet wird,

Eine zusätzliche Reduzierung der Pfeifgeräusche kann durch die Anordnung sog. Diffusoren erreicht werden. Auf dem hinteren Randstreifen des als Tragflächenprofil ausgebildeten Rotorblattes werden kleine Erhebungen (Noppen) angeordnet, um die Luftströmung auf der gerundeten Tragflächenoberseite nach dem Umschlag von laminar in turbulent durch zusätzlichen Turbulenzeintrag diffus abzuleiten. Die Luft strömt so wesentlich leiser ab, der Schalldruck reduziert sich. Vorzugsweise soll die Anordnung der Noppen in der Blattendzone vorgesehen werden, da dort die höchsten Umfangsgeschwindigkeiten und hochfrequente Ablösungen auftreten.

Eine weitere Möglichkeit besteht, den Effekt der diffusen Luftabströmung zu verstärken, indem statt der Noppen auf dem hinteren Randstreifen linsen-, rauten- oder rillenförmige Eintiefungen als linienförmige Strukturelemente vorgesehen werden.

Ein Vorteil der verstärkt diffusen Luftabströmung ergibt sich durch die geringere Schwingungsanfachung des Rotorblattes und durch Vermeidung des Infraskalles. Die nachteiligen Wechselwirkungen zwischen Mast und durchlaufendem Rotorblatt können durch den Einsatz der Diffusoren weitgehend abgebaut werden.

Eine weitere Variante zur Beeinflussung betriebsbedingter Lärmentwicklung und Pfeifgeräuschen wird möglich, indem die Spitze des Rotorblattes, vorzugsweise 10 bis 25% der Rotorblattlänge, geschwenkt werden kann. Damit verkürzt sich der Rotorradius und die Umlaufgeschwindigkeit der Blattspitze nimmt ab. Das veränderte Strömungsverhalten mindert ebenfalls die Geräuschentwicklung.

Die Anpassung des Rotorradius an herrschende Windgeschwindigkeiten vergrößert das Arbeitsspektrum der Windkraftanlage im Normalbetrieb.

Bei extremen Windverhältnissen kann durch das Schwenken des Blattendes die angeströmte Rotorfläche reduziert und die Sicherheit verbessert werden.

Das optische Nachlaufen der Blattspitze steigert für den Betrachter den Eindruck eines harmonischen Bewegungsablaufes.

Nachfolgend werden anhand der Figuren Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Im einzelnen zeigt

Fig. 1 die Vorderansicht einer Windkraftanlage, bestehend aus dem Mast und dem Rotor,

Fig. 2 ein Rotorblatt mit einer aus zwei gleichgerichteten Kreisbögen zusammengesetzten Blattlängsachse,

Fig. 3 ein Rotorblatt mit einer aus zwei gegenläufig gerichteten Kreisbögen zusammengesetzten Blattlängsachse,

Fig. 4 ein Rotorblatt mit einer aus einem geraden Abschnitt und einem Kreisbogenabschnitt zusammengesetzten Rotorblattlängsachse,

Fig. 5 die Anordnung von Diffusoren auf der Hinterkante des Rotorblattes in Form von Einzelerhebungen,

Fig. 6 die Anordnung von Diffusoren auf der Hinterkante des Rotorblattes in Form eines linienförmigen, durchlaufenden Strukturelementes,

Fig. 7 die Anordnung von Diffusoren auf der Hinterkante des Rotorblattes in Form von Einzelvertiefungen,

Fig. 8 den gelenkig gelagerten Endabschnitt des Rotorblattes in Normalposition, radial ausgerichtet,

Fig. 9 den gelenkig gelagerten Endabschnitt des Rotorblattes in ausgelenkter Position.

In Fig. 1 ist eine Windkraftanlage 22 dargestellt, die aus einem Mast 23 und einem am oberen Ende drehbar gelagerten Rotor 21 besteht. Der Rotor verfügt über eine Drehachse 10, die fest mit dem Mittelteil des Rotors 1 verbunden ist. Vom Mittelteil 1 erstrecken sich drei Rotorblätter 2, je um 120° versetzt. Das Rotorblatt 2 verfügt über eine Längsachse 7, die sich in zwei Abschnitte einteilen läßt: Den innenliegenden Achsabschnitt 14, der sich vorzugsweise vom Mittelteil 1 bis auf $0,75 R$ erstreckt und die innere Rotationsfläche 8 bildet sowie dem äußeren Achsabschnitt 12 zwischen $0,75 R$ bis zum vollen Rotorradius R , mit dem sich die außenliegende Rotationsfläche 9 ergibt.

Die Rotorblätter 2 haben am Mittelteil 1 die größte Breite. Das innenliegende Blattende 6 ist als 120° -Winkel ausgebildet. Die drei Rotorblätter 2 und das Mittelteil 1 bilden eine Einheit. Die Befestigung kann fest verbunden oder drehbar ausgeführt werden. Diese Konstruktion ermöglicht die optimale Nutzung des Strömungsfeldes in der gesamten vom Rotor 21 überstrichenen Fläche.

Je nach Baugröße der Windkraftanlage kann durch Kombination der Form der innen- und außenliegenden Achsabschnitte, 14 bzw. 12, die gesamte Rotorlängsachse 7 der Rotorblätter 21 an die entwurfsbestimmenden Kenngrößen, insbesondere Drehzahl und Rotorradius, angepaßt werden, um die Anforderungen an optimale Betriebsbedingungen, hohen Wirkungsgrad, Geräuscharmheit und Ästhetik, z. B. einen harmonischen und fließenden Bewegungsablauf des Rotors zu erfüllen.

Die konventionellen Rotorblattformen, überwiegend trapezförmige, radiale Konstruktionen, sind sowohl bei kleinen, schnell laufenden Windkraftanlagen als auch bei großen Anlagen mit geringer Drehzahl geometrisch gleich.

Erstmalig eröffnen die in Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten adaptiven Rotorblattformen die Möglichkeit zur Anpassung an die o.g. Kenngrößen. Die bevorzugte Anwendung für Fig. 2 gilt für Anlagen mit dem Rotorradius 7 bis 8,0 m und einer Drehzahl $> 60 \text{ min}^{-1}$.

Für Fig. 3 ergibt sich ein Einsatzbereich für Rotoren 21 mit einem Radius zwischen 8 m und 15 m und Drehzahlen von 25 bis 60 min^{-1} . Die Krümmung des innenliegenden Achsabschnittes 13 und des außenliegenden Abschnittes 12 sind gegenläufig, der Wendepunkt befindet sich bevorzugt bei $0,75 R$. Der Übergang zwischen den Achsabschnitten 13 und 12 erfolgt tangential.

Für Fig. 4 ergibt sich ein optimaler Einsatzbereich der Rotorblätter 2 mit einem Radius $> 15 \text{ m}$ und Drehzahlen $< 25 \text{ min}^{-1}$.

In der außenliegenden Wirkfläche 9 der Drehebene 24 entstehen die größten Geräuschentwicklungen. Zur Senkung des Schalldruckes wird die Längsachse 12 des äußeren Blattabschnittes 26 gekrümmt ausgebildet. Um eine weitere Reduzierung der Geräusche zu erreichen, werden auf der Profilerseite 27 (Fig. 5), an der Blatthinterkante 5 sog. Diffusoren 15 vorgesehen. Diese sind in Form von

Erhebungen, die die turbulente Strömung beeinflussen.

Fig. 6 stellt eine Variante dar. Der Diffusor 16 ist als durchlaufendes, aufgeprägtes Strukturelement ebenfalls geeignet, auf die Strömung vorteilhaft geräuschkämpfend einzuwirken.

Auch als Einzelelement in Form einer Vertiefung 17 sind Diffusoren geeignet, wie z. B. in Fig. 7 dargestellt, oder in Kombination von 15, 16 und 17, die Geräuschenstehung nachhaltig zu dämpfen.

Wie in Fig. 8 und 9 verdeutlicht, kann ein schwenkbare Ende des Rotorblattes 18 den Arbeitsbereich der Windkraftanlage 22 wesentlich erweitern. Bei geringeren Windgeschwindigkeiten läßt sich der Rotorradius 7 vergrößern, um das Winddargebot besser zu nutzen. Bei hohen Windgeschwindigkeiten und großen Rotordrehzahlen kann die Rotationsfläche 24 durch Schwenken des Rotorendes 18 verkleinert werden. Gleichzeitig verringert sich die Umlaufgeschwindigkeit des Rotors 21. Das Rotorende 18 ist mit einem Drehgelenk 20 und einem Hydraulikzylinder 19 versehen. Das Schwenken des Rotorendes reduziert vorteilhaft die Geräuschenentwicklung.

Patentansprüche

1. Der Rotor (21) für eine Windkraftanlage (22)
 - mit einem zentralen Mittelteil (1) mit horizontaler Achse (10) und
 - mit mehreren, am Mittelteil (1) befestigten Rotorblättern mit Tragflächenprofil (2), deren Längserstreckung von dem innenliegenden Blattende (6) und einem außen liegenden Ende (3) und deren Breite durch die Seitenränder (4, 5) begrenzt ist, ist **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - jedes Rotorblatt (2) mit dem Mittelteil (1) verbunden ist,
 - jedes Rotorblatt (2) eine Blattlängsachse (7) aufweist, die
 - sich aus gekrümmten (11, 12, 13) oder gekrümmten (12) und geraden (14) Achsabschnitten zusammensetzt,
 - die Seitenränder (4, 5) gekrümmt verlaufen,
 - die Breite des Rotorblattes (2), ausgehend vom Mittelteil (1) bis zum Außenrand (3), kontinuierlich abnimmt.
2. Rotor (21) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Rotorblattlängsachse (7) aus einem oder mehreren gekrümmten oder geraden und gekrümmten Abschnitten zusammensetzt.
3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß sich Rotorblattlängsachse (7) in einen innenliegenden Achsabschnitt (14) zwischen der Rotorachse (10) und dem vorzugsweise 0,75-fachen des Rotorradius R sowie in einen außenliegenden Achsabschnitt (12) zwischen dem 0,75-fachen und dem Rotorradius R unterteilt.
4. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich der innenliegende Abschnitt (11) der Längsachse (7) aus einem Bogenstück mit einem Radius von vorzugsweise 2 R und der außenliegende Abschnitt der Längsachse (12) aus einem Bogen vorzugsweise mit einem Radius von 0,5 R gebildet wird. Der Übergang der Kreisbögen (11 und 12) erfolgt tangential.
5. Rotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung der innenliegenden Rotorlängsachse (13) gegenläufig zur Krümmung der außenliegenden Längsachse (12) angeordnet ist. Der Übergang

6. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius des innenliegenden Achsabschnittes (14) der Rotorblattlängsachse $R = \infty$ wird und somit einer Geraden entspricht.

7. Der Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmt verlaufenden Abschnitte der Rotorblattlängsachse (11, 12, 13) bei gleicher Drehrichtung des Rotors (20) geometrisch entgegengesetzt, d. h. in Längsrichtung gespiegelt, angeordnet werden können.

8. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Blatthinterkante (5) des Rotorblattes (2), vorzugsweise im außenliegenden Rotorblattabschnitt (26) auf der Oberseite des Tragflächenprofils (27), sog. Diffusoren (15) als punktförmige Erhebungen angeordnet sind.

9. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Blatthinterkante (5) des Rotorblattes (2), vorzugsweise im außenliegenden Rotorblattabschnitt (26) auf der Oberseite des Tragflächenprofils (27), sog. Diffusoren (16) als linienförmige Strukturelemente angeordnet sind.

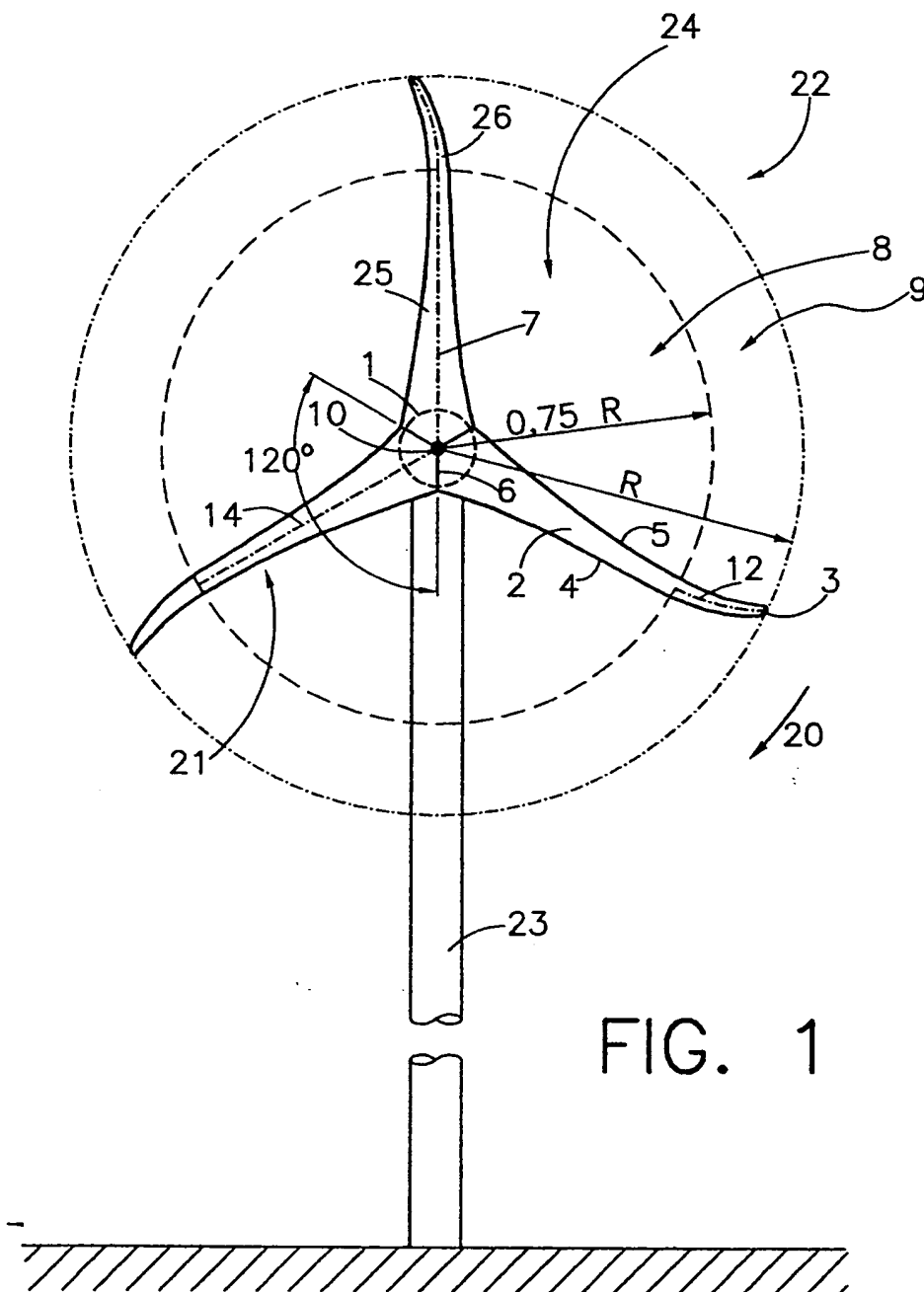
10. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Blatthinterkante (5) des Rotorblattes (2), vorzugsweise im außenliegenden Rotorblattabschnitt (26) auf der Oberseite des Tragflächenprofils, sog. Diffusoren (17) als punktförmige Vertiefungen angeordnet sind.

11. Rotorblatt (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß sich der außenliegende Blattabschnitt (18) in der Drehebene (24) des Rotors (21) ganz oder teilweise verstellen läßt, wobei im Bereich der Blatthinterkante (5) ein Drehgelenk (20) und im vorderen Blattbereich ein Hydraulikzylinder (19) angeordnet ist.

12. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß sich der außenliegende Rotorblattabschnitt (18) in der Drehebene (24) des Rotors (21) ganz oder teilweise verstellen läßt, wobei im Bereich der Blatthinterkante (5) ein Drehgelenk (20) und im vorderen Blattbereich ein Federelement (19) angeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



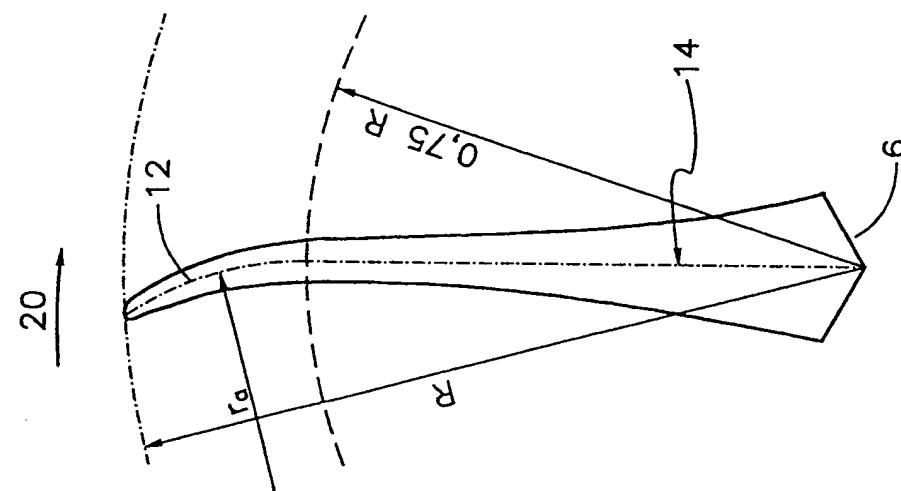


FIG. 4

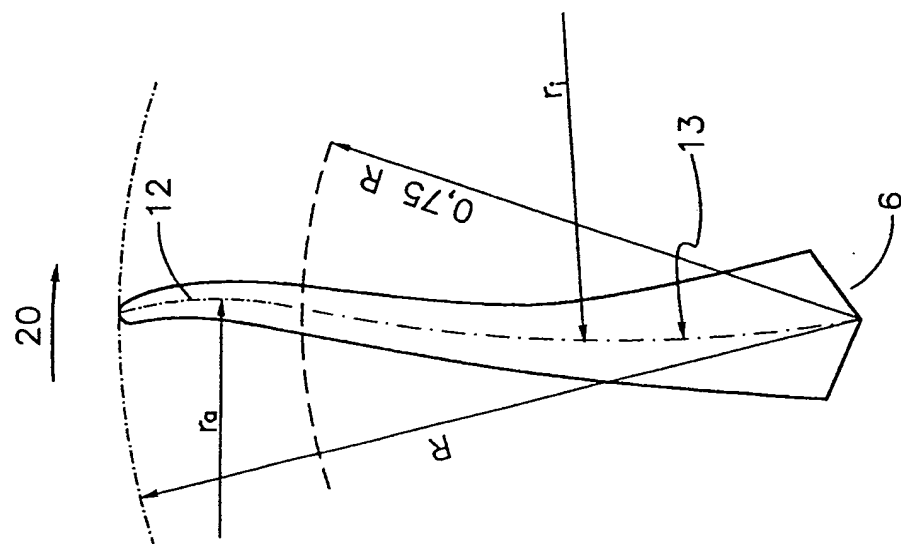


FIG. 3

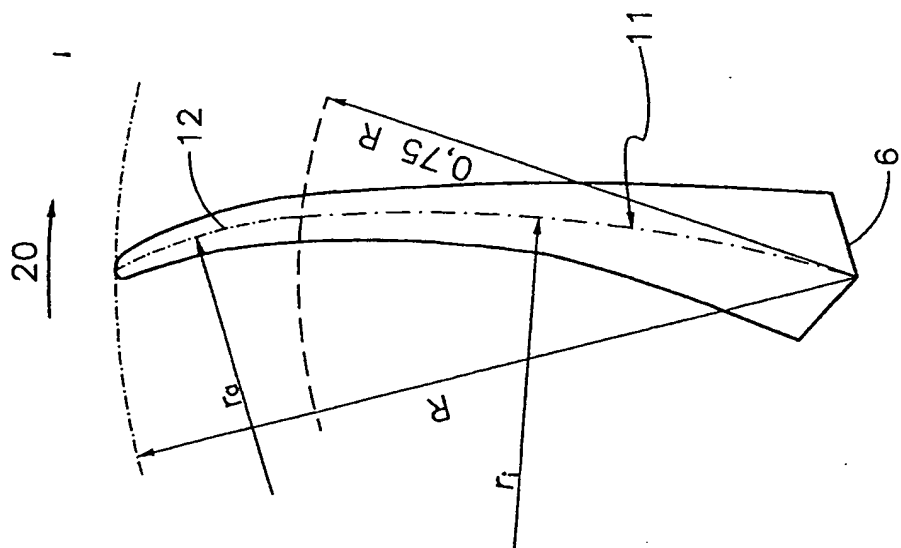


FIG. 2

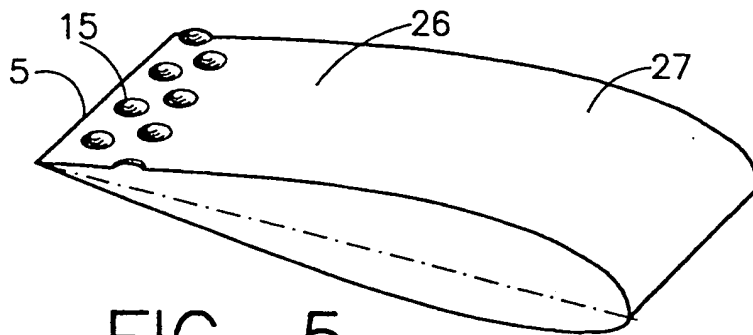


FIG. 5

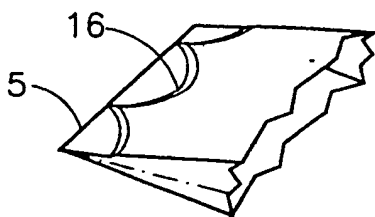


FIG. 6

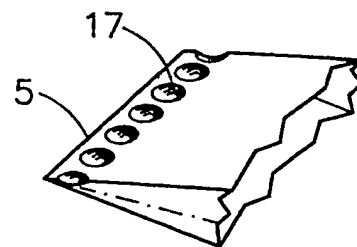


FIG. 7

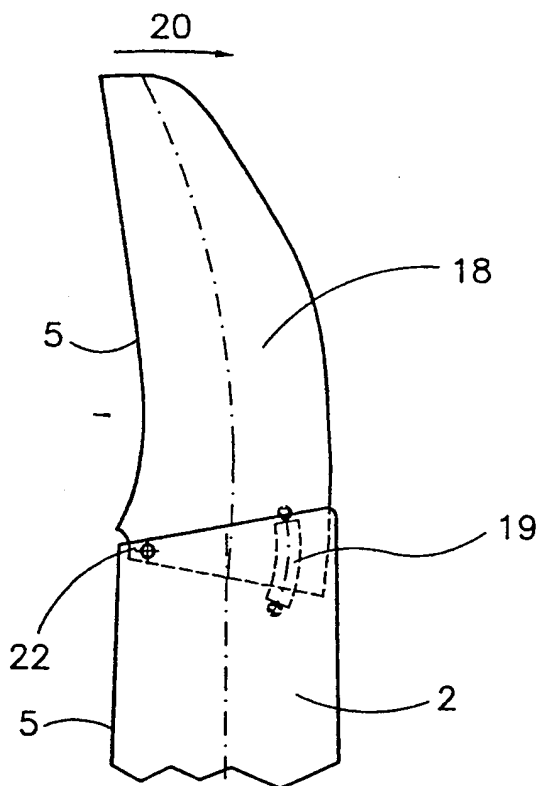


FIG. 8

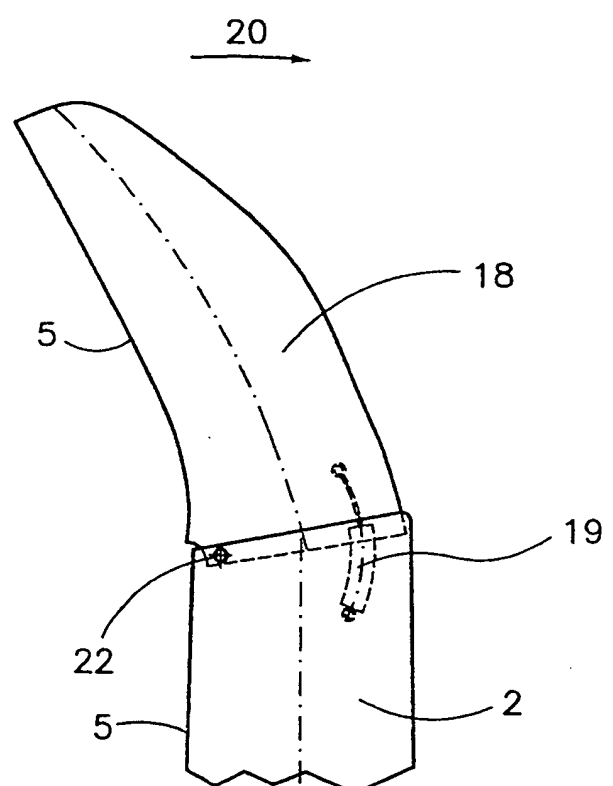


FIG. 9